

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
5 avril 2007 (05.04.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/036631 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01L 21/20 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2006/002184

(22) Date de dépôt international :
25 septembre 2006 (25.09.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0509897 28 septembre 2005 (28.09.2005) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR]; 25,
rue Leblanc, Immeuble "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : DEGUET,
Chrystel [FR/FR]; 984 chemin de Chartreuse, F-38330
Saint Ismier (FR). CLAVELIER, Laurent [FR/FR]; 11bis
rue Victor Hugo, F-38700 Voiron (FR).

(74) Mandataire : SANTARELLI; 14, Avenue de la Grande-
Armée, B.P. 237, F-75822 Paris Cedex 17 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

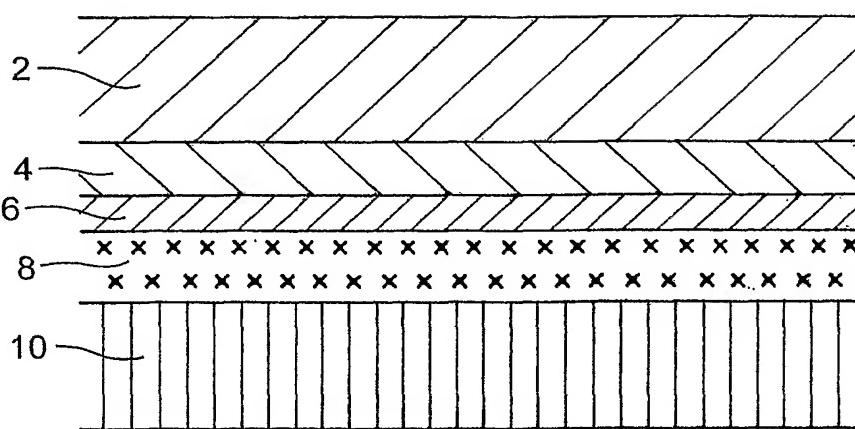
Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MAKING A THIN-FILM ELEMENT

(54) Titre : PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN ÉLÉMENT EN COUCHES MINCES



assembling the donor structure (2, 4, 8) with a receiver layer (10); removing the support (2).

(57) Abstract: The invention concerns a method for making a thin-film element, characterized in that it includes the following steps: epitaxial growth of a crystal layer (4) of a first material on a crystal layer (2) of a support (2) formed in a second material different from the first material, said layer of first material (4) having a thickness such that its mesh parameter is determined by that of the crystal layer (2) of the support (2); forming a dielectric layer (8) on the side of the surface of said layer of first material (4) opposite to the support (2) to form a donor structure (2, 4, 8);

(57) Abrégé : L'invention vise un procédé de fabrication d'un élément en couches minces, caractérisé par les étapes suivantes : - croissance par épitaxie d'une couche cristalline (4) d'un premier matériau sur une couche cristalline (2) d'un support (2) formée dans un second matériau différent du premier matériau, ladite couche du premier matériau (4) ayant une épaisseur telle que son paramètre de maille est déterminé par celui de la couche cristalline (2) du support (2) ; - formation d'une couche de diélectrique (8) du côté de la face de ladite couche du premier matériau (4) opposée au support (2) pour former une structure donneuse (2, 4, 8) ; - assemblage de la structure donneuse (2, 4, 8) avec un substrat de réception (10) ; - élimination du support (2).

WO 2007/036631 A1



En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et

abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Procédé de fabrication d'un élément en couches minces

L'invention concerne un procédé de fabrication d'un élément en couches
5 minces.

Dans de tels procédés, on utilise fréquemment un support comme structure donneuse : une partie de la structure donneuse (en général une couche superficielle) est utilisée comme élément de la structure cible, par exemple au moyen d'un report de couche.

10 On rencontre notamment cette solution pour la fabrication d'une structure de type germanium sur isolant (GeOI), comme cela est décrit par exemple dans les articles "*Germanium-On-Insulator (GeOI) structure realized by the smart cutTM Technology*", de F. Letertre *et al.* in Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 809, 2004 Materials Research Society et "*200 mm Germanium-On-Insulator (GeOI) Structures realized from epitaxial wafers using the smart cutTM technology*", de C. Deguet *et al.*, ECS 2005, Québec, vol. 2005 – 05, page 78.

15 Ces articles proposent deux solutions alternatives pour reporter la couche mince de germanium qui forme la couche superficielle de la structure GeOI : on utilise comme substrat donneur soit un substrat (ou wafer selon le terme 20 anglais) de germanium massif (parfois dénommé "Ge Bulk"), soit un substrat en silicium sur lequel on a déposé par épitaxie une couche de germanium dont une partie au moins sera reportée.

La solution utilisant du germanium massif est avantageuse notamment 25 sur le plan électrique du fait de la très bonne qualité cristalline du matériau reporté (taux de dislocations du germanium massif proche de zéro), mais la manipulation du germanium massif est relativement complexe, du fait notamment de la forte densité massique de ce matériau, ainsi que de sa fragilité mécanique

C'est pourquoi on envisage plutôt à l'heure actuelle d'utiliser en pratique comme substrat donneur la structure à base de germanium épitaxié sur un silicium 30 déjà mentionnée.

La mise en œuvre de cette solution proposée dans les articles déjà cités conduit toutefois à l'obtention de couches de germanium présentant un taux de dislocations de l'ordre de quelques 10^6 cm^{-2} , générées essentiellement lors de la

phase d'épitaxie du germanium sur le silicium du fait de la différence de paramètre de maille entre les réseaux cristallins de ces deux matériaux ($\Delta = 4,2 \%$).

De manière générale, il peut être intéressant d'utiliser ainsi comme substrat donneur une structure composée d'un premier matériau déposé par épitaxie sur un second matériau (par exemple pour profiter des propriétés électriques, ou plus généralement des propriétés physiques, de l'un et des propriétés mécaniques de l'autre). Si ces deux matériaux ont des paramètres de mailles différents, ce type de solution conduit toutefois sans précaution particulière à un taux de dislocations relativement important dans la couche du premier matériau, ce qui peut diminuer les propriétés électriques et/ou physiques de cette couche.

Afin d'améliorer cet état de fait, et notamment de proposer un procédé de fabrication d'un élément en couche mince qui puisse allier une facilité de manipulation du substrat donneur et un faible taux de dislocations dans la couche donnée par celui-ci, l'invention propose un procédé de fabrication d'un élément en couches minces, caractérisé par les étapes suivantes :

- croissance par épitaxie d'une couche cristalline d'un premier matériau sur une couche cristalline d'un support formée dans un second matériau différent du premier matériau, ladite couche du premier matériau ayant une épaisseur telle que son paramètre de maille est déterminé par (et correspond donc de manière générale à) celui de la couche cristalline du support ;
- formation d'une couche de diélectrique du côté de la face de ladite couche du premier matériau opposée au support pour former une structure donneuse ;
- 25 - assemblage de la structure donneuse avec un substrat de réception ;
- élimination du support.

On obtient ainsi très peu de dislocations dans la couche du premier matériau. On peut de ce fait choisir indépendamment les deux matériaux pour leurs propriétés respectives, sans que ce choix ne se fasse au préjudice de la qualité 30 cristalline de la couche épitaxiée.

Selon possibilité de mise en œuvre, on effectue préalablement à la formation de la couche de diélectrique, une étape de croissance par épitaxie d'une couche de troisième matériau sur ladite couche du premier matériau, le matériau et l'épaisseur de la couche de troisième matériau étant choisis de sorte que le

paramètre de maille du troisième matériau soit déterminé par celui de la couche cristalline du support.

La couche du premier matériau est ainsi encapsulée, et donc protégée, entre les couches des second et troisième matériaux. Par ailleurs, les couches sont 5 de bonne qualité puisque le paramètre de maille est uniforme dans cette partie de la structure.

Le troisième matériau est par exemple du silicium.

On peut alors éventuellement procéder aux étapes suivantes postérieures à l'étape d'élimination du support :

- 10 - gravure locale de la couche cristalline du premier matériau jusqu'à la couche du troisième matériau ;
- croissance par épitaxie du troisième matériau sur les régions de la couche du troisième matériau mises à nu par la gravure.

On obtient ainsi en surface des régions du premier matériau et des 15 régions du troisième matériau, toutes de bonne qualité cristalline. Chaque région peut ainsi être utilisée dans un but spécifique selon ses propriétés propres.

L'étape de formation de la couche de diélectrique peut comprendre une étape d'oxydation au moins partielle de la couche épitaxiée du troisième matériau afin d'obtenir ladite couche de diélectrique.

20 Cette solution est particulièrement pratique et génère une couche d'oxyde de qualité particulièrement bonne. Elle souligne par ailleurs l'intérêt de l'étape de croissance par épitaxie de la couche du troisième matériau mentionnée ci-dessus.

En variante, l'étape de formation de la couche de diélectrique de la 25 structure comprend une étape de dépôt d'une couche de diélectrique.

La couche de diélectrique est par exemple une couche d'oxyde.

Selon un mode de réalisation, le support est une plaque du second matériau.

30 Selon un autre mode de réalisation, le support est du type couche superficielle sur isolant dont la couche superficielle forme la couche cristalline du second matériau.

Le premier matériau est par exemple du germanium. Ce cas particulier est intéressant du fait des propriétés physiques (notamment de transport électrique) du germanium et des difficultés à le manipuler.

Le second matériau est par exemple du silicium massif dont l'utilisation est relativement courante et la manipulation par conséquent possible avec des moyens classiques.

Selon une variante envisageable, le second matériau est du silicium 5 constraint ou du SiGe, ce qui a notamment pour effet d'augmenter l'épaisseur critique de germanium.

Dans tous les cas, on peut envisager une étape de croissance par épitaxie du premier matériau sur la face de la couche cristalline du premier matériau laissée libre par l'élimination du support.

10 La couche de premier matériau finalement obtenue sera dans son ensemble de meilleure qualité qu'une couche de premier matériau de même épaisseur déposée directement sur le support en second matériau.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit, faite en référence aux dessins annexés dans 15 lesquels :

- les figures 1 à 7 représentent les principales étapes d'un premier exemple de procédé de fabrication d'un élément en couches minces conforme aux enseignements de l'invention ;

20 - les figures 8 et 9 représentent deux étapes d'un procédé de fabrication d'un élément en couches minces selon un second exemple de mise en œuvre de l'invention ;

- les figures 10 et 11 représentent deux étapes ultérieures applicables éventuellement aux structures obtenues par les procédés précités.

25 Les épaisseurs des couches représentées sur les figures sont seulement illustratives et ne doivent pas être comprises comme proportionnelles à l'épaisseur des couches dans la réalité.

Un premier mode de réalisation de l'invention est à présent décrit en référence aux figures 1 à 7.

30 Dans ce mode de réalisation, on utilise une plaque 2 de silicium cristallin, comme schématiquement représenté en figure 1. Il s'agit donc ici de silicium parfaitement relaxé. En variante, il est possible d'utiliser un substrat présentant en surface une couche de silicium, par exemple un substrat SOI (silicium sur isolant). Une telle structure comprend un substrat massif (en général en silicium), une couche d'oxyde enterré (généralement dénommée BOX de l'anglais "*Buried Oxide*")

et une couche superficielle de silicium. Dans une autre variante, on peut utiliser un substrat de silicium présentant une zone fragile enterrée obtenue par exemple par implantation d'espèces gazeuses (hydrogène par exemple) favorisant l'élimination ultérieure du substrat et sa réutilisation.

5 On fait croître par épitaxie sur cette plaque 2 de silicium une couche 4 de germanium avec une épaisseur inférieure à l'épaisseur critique. L'épaisseur critique est l'épaisseur sous laquelle la qualité cristalline de la couche épitaxiée est garantie : au dessus de cette épaisseur, des défauts, notamment des dislocations, apparaissent dans la couche épitaxiée. Sous cette épaisseur critique, la structure 10 cristalline de la couche 4 de germanium (et en particulier le paramètre de maille) est imposée par la structure cristalline superficielle de la plaque 2 : le paramètre de maille de la couche 4 de germanium est égal à celui de la structure cristalline superficielle de la plaque 2 de silicium. L'épaisseur critique dépend bien évidemment du substrat sur lequel est réalisé l'épitaxie. Au sujet de l'épaisseur 15 critique, on pourra se référer à l'article "*Calculation of critical layer thickness considering thermal strain in Si_{1-x}Ge_x/Si strained-layer hetero-structures*", de J. Huang *et al.* in J. Appl. Phys. 83 (1), 1998 American Institute of Physics.

On fait croître dans l'exemple décrit ici pour une plaque massive de silicium une couche de germanium 4 avec une épaisseur inférieure à 3 nm. On 20 obtient ainsi l'empilement représenté en figure 2.

Du fait que l'épaisseur de la couche de germanium 4 est inférieure à l'épaisseur critique et que sa structure cristalline est imposée par celle de la plaque 2, par ailleurs de bonne qualité cristalline, le taux de dislocations dans la couche de germanium est pratiquement nul.

25 Dans le mode de réalisation proposé ici, on dépose alors (par exemple également par épitaxie) une couche très fine 6 de silicium, avec une épaisseur typiquement inférieure à 1 nm, typiquement quelques angströms. On obtient alors la structure représentée à la figure 3.

En variante, il est possible d'épitaxier une couche un peu plus épaisse 30 de silicium (typiquement, entre 1 nm et 20 nm, par exemple entre 2 nm et 3 nm) et d'oxyder tout ou partie de cette couche par traitement de surface chimique ou physique. Il pourra par exemple subsister après traitement quelques angströms de silicium, avantageusement 1 ou 2 monocouches de silicium.

Du fait de la qualité cristalline du silicium de la plaque 2 et du germanium épitaxié, la couche de silicium épitaxiée sur le germanium présentera elle aussi une bonne qualité cristalline et l'interface entre cette couche de silicium et la couche de germanium sera de bonne qualité, en particulier d'un point de vue électrique.

5 On peut remarquer que le paramètre de maille du germanium dans la couche étant déterminé par celui du silicium de la couche, celui-ci sera également repris dans la couche réalisée en silicium et qu'on évitera ainsi les dislocations quelle que soit l'épaisseur de celle-ci. On remarque que, dans cette structure, la couche de germanium 4 est encapsulée entre la plaque de silicium 2 et la couche 10 fine 6, ce qui permet une bonne protection de la couche de germanium dans les étapes ultérieures du procédé décrites à présent.

Après un nettoyage adapté, on dépose sur la couche fine 6 un diélectrique par exemple Si_3N_4 , un matériau à haute permittivité (comme AlN ou HfO_2), un oxyde (comme Al_2O_3 ou SiO_2). Dans cet exemple, on choisit de déposer 15 du SiO_2 , par exemple par un procédé du type PECVD (pour "*Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition*", c'est-à-dire dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma) ici à une température de l'ordre de 380° C, afin d'obtenir une épaisseur de 10 nm à 300 nm d'oxyde densifié ou non.

En variante, il est possible de déposer directement cette couche d'oxyde 20 sur la couche de germanium sans avoir recours à la couche de silicium épitaxiée. Dans ce cas, l'interface Ge/ SiO_2 sera de moins bonne qualité électrique, mais peut suffire pour certaines applications.

La couche d'oxyde 8 ainsi déposée est destinée à former la couche d'oxyde enterré (ou BOX de l'anglais "*Buried Oxide*") de la structure GeOI 25 finalement obtenue.

L'empilement obtenu après dépôt de la couche d'oxyde 8, représenté schématiquement à la figure 4, est ensuite reporté sur un substrat receveur 10, par exemple une autre plaque de silicium oxydée ou non en surface. Ce report s'effectue ici par collage moléculaire de la couche d'oxyde 8 sur le substrat 30 receveur 10, après activation des faces à coller (par exemple par activation chimique et/ou polissage mécanique et/ou chimique – "CMP", et/ou plasma).

On obtient alors la structure représentée à la figure 5 et qui comprend l'empilement suivant :

- le substrat receveur 10 ;

- la couche d'oxyde 8 ;
 - la couche fine de silicium 6 (facultative mais avantageuse) ;
 - la couche de germanium 4 (dont l'épaisseur est inférieure à l'épaisseur critique) ;
- 5 - la plaque de silicium 2.

On procède alors à l'élimination de la plaque 2, par exemple par une action mécanique (rodage et polissage) et/ou une gravure chimique du silicium sélective par rapport au germanium (par exemple avec du TMAH, c'est-à-dire de l'hydroxyde de tetraméthylammonium).

10 L'avantage de la variante précitée utilisant un substrat SOI plutôt que la plaque 2 massive de silicium comme substrat de départ, réside dans une plus grande facilité d'élimination. En effet, avec un substrat SOI, moins de précautions sont à prendre : le substrat de silicium est tout d'abord éliminé par action mécanique jusqu'à atteindre la couche d'oxyde enterrée. Celle-ci peut ensuite être
15 enlevée par exemple par gravure chimique sélective par rapport au silicium. On élimine ensuite la couche mince de silicium par exemple par gravure chimique sélective par rapport au germanium.

Dans le cas de la variante proposée ci-dessus et prévoyant une zone fragile enterrée, on peut procéder à la fracture au niveau de cette zone fragile
20 enterrée, par traitement thermique et/ou mécanique par exemple. La couche résiduelle du substrat de silicium qui demeure solidaire de la couche de germanium après fracture peut ensuite être éliminée sélectivement, par exemple par gravure chimique comme dans le cas précédent.

On obtient ainsi la structure GeOI souhaitée, comme représenté à la
25 figure 6 :

- le substrat 10,
- la couche d'oxyde enterré 8,
- la couche fine de silicium 6 (facultative),
- la couche de germanium 4, à présent superficielle.

30 Du fait de son épaisseur inférieure à l'épaisseur critique lors de sa croissance par épitaxie, la couche de germanium 4 inclura très peu de dislocations comme déjà mentionné. Les propriétés électriques de cette couche de germanium 4 sont donc conformes à celles attendues par l'utilisation du germanium, avec une

qualité équivalente à celle qui aurait été obtenue par l'utilisation d'un substrat en germanium massif.

La présence d'une fine couche 6 de silicium typiquement inférieur au nanomètre entre la couche de germanium 4 et l'oxyde enterré 8 ne remet pas en 5 cause ces bonnes propriétés électriques (elle les améliore même) et assure une interface de bonne qualité avec le germanium.

La structure GeOI peut ainsi être utilisée telle quelle dans un composant électronique.

Il est également possible, si on souhaite utiliser une structure GeOI avec 10 une couche de germanium d'épaisseur supérieure, de procéder à une nouvelle croissance de germanium par épitaxie sur la couche de germanium 4 de la structure GeOI précédente. Pour préserver la qualité cristalline de la couche de germanium, il faudra s'assurer que l'épaisseur de germanium épitaxiée reste inférieure à l'épaisseur critique pour le nouveau substrat considéré à présent et 15 formé de l'empilement Si/SiO₂/Si (facultatif) / Ge (constraint). Par ailleurs, si les contraintes au niveau de la qualité cristalline de la couche de germanium sont relâchées, une épaisseur plus grande pourra être épitaxiée.

Le taux de dislocations obtenu sera en tout cas inférieur au taux de dislocations que l'on aurait obtenu en faisant croître directement l'épaisseur totale 20 de germanium finalement utilisée sur une plaque 2 de silicium massif.

On obtient dans ces hypothèses la structure représentée à la figure 7 qui diffère de celle de la figure 6 par l'épaisseur supérieure de la couche de germanium 5.

On va à présent décrire un second exemple de mise en œuvre de 25 l'invention en référence aux figures 8 et 9.

Ce second exemple est proche du premier exemple qui vient d'être décrit et on limitera pour l'essentiel sa description aux étapes qui le distinguent du premier exemple.

Dans ce second exemple, on utilise également une plaque de silicium 12 30 (ou en variante un substrat de type SOI) sur laquelle on a fait croître par épitaxie une couche de germanium 14 d'épaisseur inférieure à l'épaisseur critique, comme cela a été décrit en référence à la figure 2.

Selon le second mode de réalisation décrit ici, on fait croître par épitaxie sur la couche de germanium 4 une couche de silicium avec une épaisseur de

l'ordre de quelques nanomètres, par exemple 5 nm (et de manière générale moins de 10 nm).

On obtient ainsi une structure avec une couche superficielle de silicium 17 ayant une épaisseur relativement grande par rapport à celle de la couche fine 6 5 du premier mode de réalisation.

On procède alors à l'oxydation de tout ou partie de la couche superficielle de silicium 17, par exemple par traitement plasma ou chimique, ou par oxydation thermique (naturellement, à des températures qui ne risquent pas de détériorer la couche de germanium 14 sous-jacente) afin d'obtenir en surface une 10 couche d'oxyde thermique 18 destinée à former l'oxyde enterré dans la structure GeOI finale, comme représenté à la figure 9.

Comme visible sur cette figure, on propose ici avantageusement d'arrêter l'oxydation quelques angströms avant l'interface entre la couche de germanium 14 et la couche de silicium 17 afin de laisser subsister une couche fine 15 de silicium 16 entre la couche de germanium 14 et la couche d'oxyde 18 pour des raisons électriques (les interfaces $\text{SiO}_2/\text{Si}/\text{Ge}$ étant de meilleure qualité que l'interface Ge/SiO_2 comme déjà indiqué).

La structure ainsi obtenue et représentée à la figure 9 est tout à fait comparable à celle obtenue et représentée en figure 4 dans le premier mode de 20 réalisation et pourra ainsi être utilisée de manière identique à cette dernière (conformément aux étapes décrites plus haut et représentées aux figures 5 et 6, et éventuellement 7) pour former une structure GeOI.

La couche de germanium 14 ayant une épaisseur inférieure à l'épaisseur critique comme dans le premier mode de réalisation, les avantages procurés ici 25 sont identiques à ceux déjà décrits.

En outre, cette solution permet d'obtenir un oxyde enterré (issu de la couche d'oxyde thermique 18) de meilleure qualité que lorsque cet oxyde est obtenu par dépôt (premier mode de réalisation ci-dessus) et une meilleure interface entre cet oxyde et la couche fine de silicium (16). Il est néanmoins possible si on 30 souhaite une couche d'oxyde plus épaisse, de déposer sur la couche d'oxyde thermique, une couche complémentaire d'oxyde.

A partir des structures obtenues aux figures 6 ou 7, c'est-à-dire de structures GeOI présentant sous la couche mince de germanium une très fine couche de silicium (de bonne qualité cristalline), il est possible de graver localement

le germanium comme représenté à la figure 10 pour mettre à nu localement la fine couche de silicium 6, 16, puis venir faire une reprise d'épitaxie locale et sélective de silicium sur la couche fine de silicium 6, 16 afin d'obtenir une nouvelle couche de silicium 7 dans la région précédemment gravée dans la couche de germanium 4,

5 comme représenté à la figure 11. On pourra par exemple prévoir, après gravure de la couche de germanium et avant la reprise d'épitaxie de silicium, de protéger les îlots de germanium encore présent par une couche locale de protection laissant subsister des ouvertures de silicium.

Cette couche pourra être sélectivement éliminée après l'épitaxie de
10 silicium.

Grâce à la structure de la figure 11, il est possible d'utiliser chacune des régions (parties résiduelles de la couche 4 et couche issue de la reprise sélective 7) en bénéficiant des propriétés de chacun des deux matériaux, par exemple pour former des composants différents.

15 L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui viennent d'être décrits.

Par exemple, si les modes de réalisation présentés ci-dessus proposent de déposer la couche de germanium sur du silicium relaxé (Si massif ou SOI), il est également possible de faire croître le germanium sur du silicium contraint (obtenu
20 par exemple par épitaxie sur du SiGe ou provenant d'une structure de type silicium contraint sur isolant, ou sSOI), ce qui a pour avantage d'augmenter l'épaisseur critique du germanium déposé par épitaxie (c'est-à-dire l'épaisseur possible de germanium qui peut être déposée par épitaxie tout en conservant le paramètre de maille de la structure cristalline qui le reçoit, en minimisant ainsi les risques de
25 dislocations).

On peut également faire croître le germanium sur un substrat présentant au moins en surface une couche de $\text{Si}_x\text{Ge}_{1-x}$, par exemple SiGeOI, avec par exemple $x=0,8$, soit 20 % de germanium.

Cette solution permet également d'augmenter l'épaisseur de germanium
30 que l'on peut déposer sans dégradation de qualité cristalline.

Pour ces deux derniers exemples (Si contraint et SiGe), si une couche de silicium est épitaxiée sur la couche de germanium épitaxiée, on veillera à ce que l'épaisseur de cette couche de silicium (formée dans ce cas dans un matériau de paramètre de maille différent de celui de la couche superficielle du substrat) reste

inférieure à l'épaisseur critique épitaxiable compte tenu de la structure sur laquelle cette épitaxie est réalisée, et ce afin de préserver la qualité cristalline de cette couche et de la couche de germanium sous-jacente.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un élément en couches minces, caractérisé par les étapes suivantes :

- 5 - croissance par épitaxie d'une couche cristalline (4 ; 14) d'un premier matériau sur une couche cristalline (2 ; 12) d'un support (2 ; 12) formée dans un second matériau différent du premier matériau, ladite couche du premier matériau (4 ; 14) ayant une épaisseur telle que son paramètre de maille est déterminé par celui de la couche cristalline (2 ; 12) du support (2 ; 12) ;
- 10 - formation d'une couche de diélectrique (8 ; 18) du côté de la face de ladite couche du premier matériau (4 ; 14) opposée au support (2 ; 12) pour former une structure donneuse (2, 4, 8 ; 12, 14, 18) ;
- assemblage de la structure donneuse (2, 4, 8 ; 12, 14, 18) avec un substrat de réception (10) ;
- 15 - élimination du support (2 ; 12).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend, préalablement à la formation de la couche de diélectrique (8 ; 18), une étape de croissance par épitaxie d'une couche de troisième matériau (6 ; 17) sur ladite couche du premier matériau (4 ; 14), le matériau et l'épaisseur de la couche de troisième matériau étant choisis de sorte que le paramètre de maille du troisième matériau soit déterminé par celui de la couche cristalline du support (2 ; 12).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par les étapes suivantes postérieures à l'étape d'élimination du support :

- gravure locale de la couche cristalline du premier matériau jusqu'à la couche du troisième matériau ;
- croissance par épitaxie du troisième matériau sur les régions de la couche du troisième matériau mises à nu par la gravure.

30

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que l'étape de formation de la couche de diélectrique comprend une étape d'oxydation au moins partielle de la couche épitaxiée du troisième matériau (17) afin d'obtenir ladite couche de diélectrique (18).

5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que le troisième matériau est du silicium.

5 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite étape de formation de la couche de diélectrique (8 ; 18) de la structure comprend une étape de dépôt d'une couche de diélectrique (8).

10 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la couche de diélectrique (8 ; 18) est une couche d'oxyde.

8. Procédé selon les revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le support est une plaque du second matériau (2).

15 9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le support est du type couche superficielle sur isolant dont la couche superficielle (26) forme la couche cristalline du second matériau.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que 20 le premier matériau est du germanium.

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le second matériau est du silicium relaxé.

25 12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le second matériau est du silicium contraint.

13. Procédé selon l'un des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le second matériau est du SiGe.

30

14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé par une étape de croissance par épitaxie du premier matériau sur la face de la couche cristalline (4 ; 14) du premier matériau laissée libre par l'élimination du support (2 ; 12).

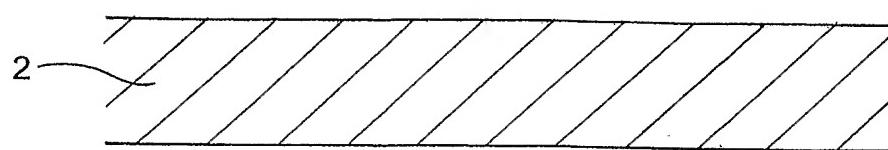


Fig.1

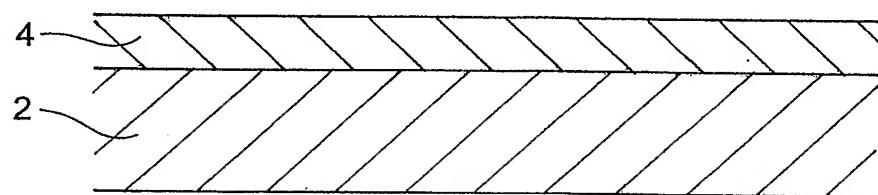


Fig.2

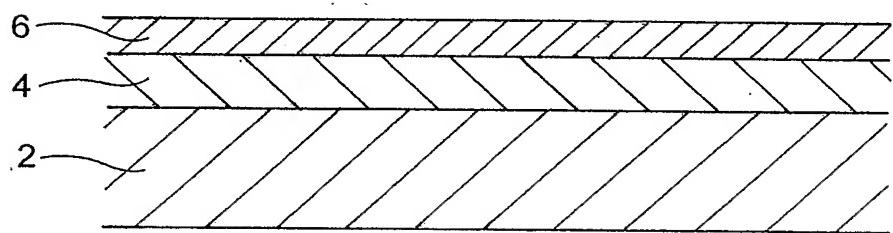


Fig.3

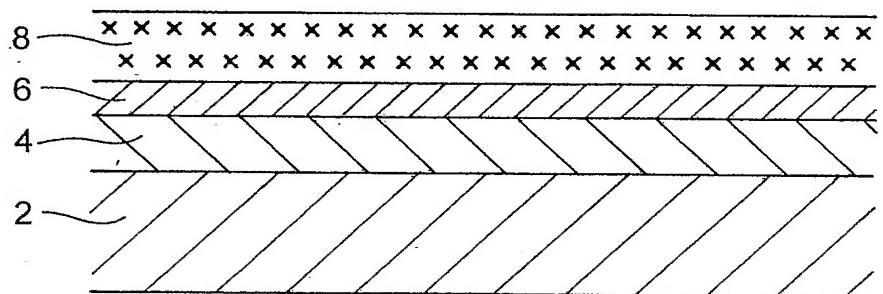


Fig.4

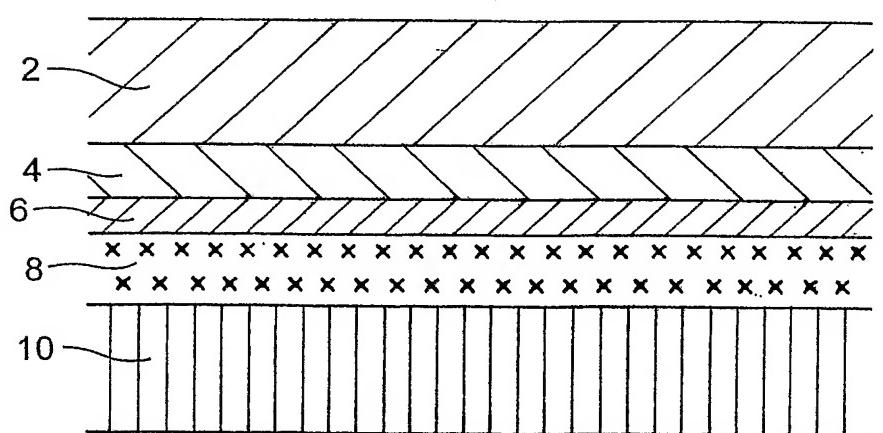


Fig.5

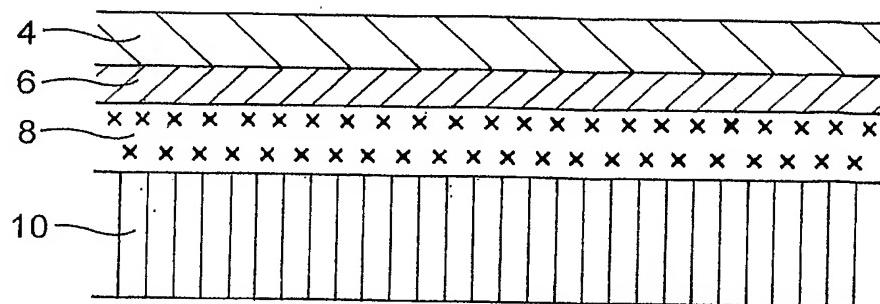


Fig.6

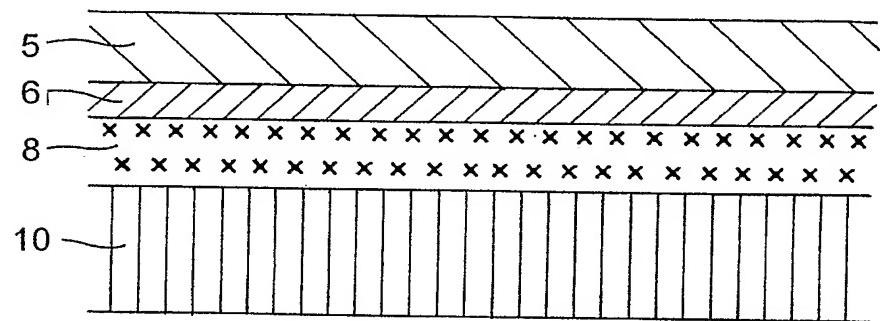


Fig.7

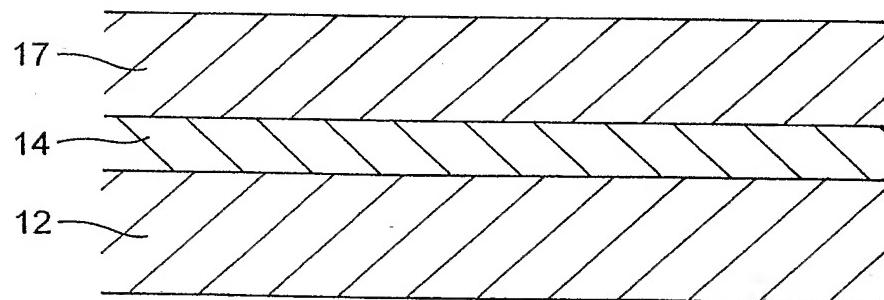


Fig.8

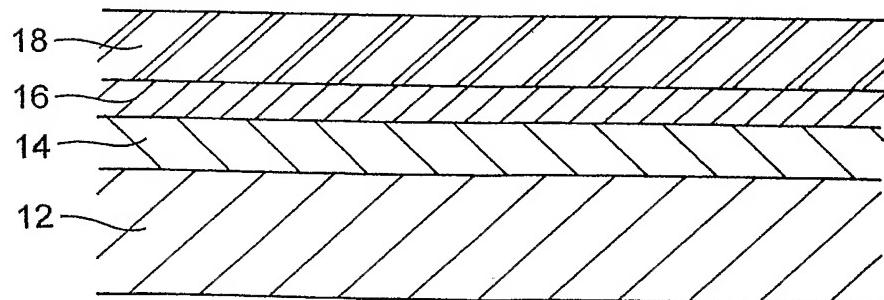


Fig.9

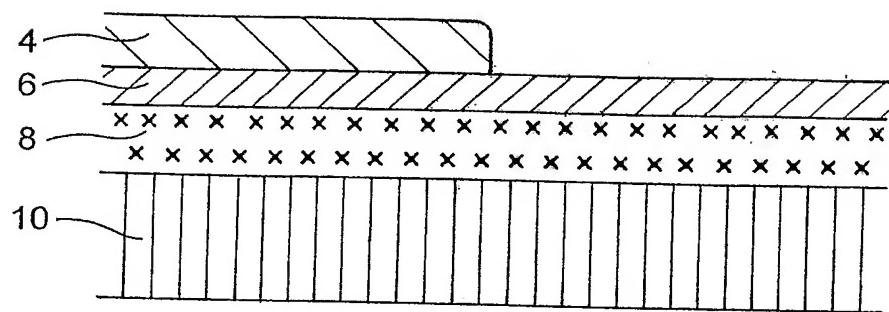


Fig.10

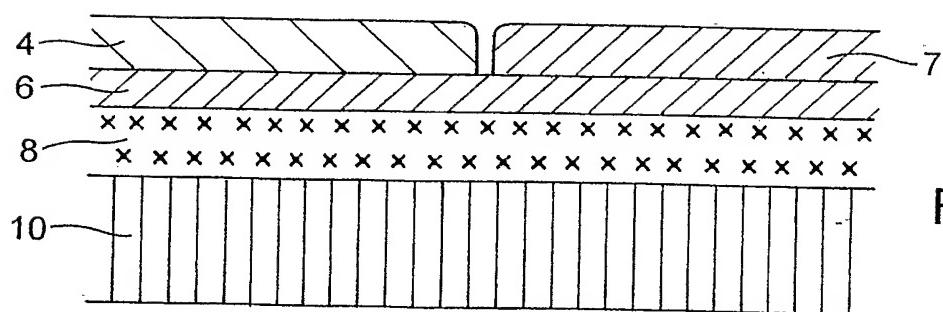


Fig.11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2006/002184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L21/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/150006 A1 (AULNETTE CECILE ET AL) 5 August 2004 (2004-08-05) page 3, paragraph 49 – page 4, paragraph 52; figures 1-6 page 4, paragraph 57 – page 4, paragraph 58 -----	1-14
X	US 2002/081861 A1 (ROBINSON MCDONALD ET AL) 27 June 2002 (2002-06-27) page 3, paragraph 36 – page 4, paragraph 44; figures 4a-4f -----	1-3,6-14
A	US 2005/067377 A1 (LEI RYAN ET AL) 31 March 2005 (2005-03-31) page 1, paragraph 10 – page 3, paragraph 23; figures 1a-1i -----	4,5
X	US 2005/067377 A1 (LEI RYAN ET AL) 31 March 2005 (2005-03-31) page 1, paragraph 10 – page 3, paragraph 23; figures 1a-1i -----	1,2,6,14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

16 January 2007

24/01/2007

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hedouin, Mathias

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2006/002184

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 2004150006	A1	05-08-2004	US	2006088979 A1	27-04-2006
US 2002081861	A1	27-06-2002	EP	0799495 A1	08-10-1997
			US	6064081 A	16-05-2000
			WO	9615550 A1	23-05-1996
			US	5906708 A	25-05-1999
			US	5961877 A	05-10-1999
US 2005067377	A1	31-03-2005	US	2006049399 A1	09-03-2006
			US	2006046488 A1	02-03-2006

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2006/002184

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H01L21/20

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2004/150006 A1 (AULNETTE CECILE ET AL) 5 août 2004 (2004-08-05) page 3, alinéa 49 – page 4, alinéa 52; figures 1-6 page 4, alinéa 57 – page 4, alinéa 58 -----	1-14
X	US 2002/081861 A1 (ROBINSON MCDONALD ET AL) 27 juin 2002 (2002-06-27) page 3, alinéa 36 – page 4, alinéa 44; figures 4a-4f -----	1-3, 6-14
A	US 2005/067377 A1 (LEI RYAN ET AL) 31 mars 2005 (2005-03-31) page 1, alinéa 10 – page 3, alinéa 23; figures 1a-1i -----	4, 5
X	US 2005/067377 A1 (LEI RYAN ET AL) 31 mars 2005 (2005-03-31) page 1, alinéa 10 – page 3, alinéa 23; figures 1a-1i -----	1, 2, 6, 14

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

16 janvier 2007

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

24/01/2007

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL – 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Hedouin, Mathias

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2006/002184

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)			Date de publication
US 2004150006	A1	05-08-2004	US	2006088979 A1	27-04-2006
US 2002081861	A1	27-06-2002	EP	0799495 A1	08-10-1997
			US	6064081 A	16-05-2000
			WO	9615550 A1	23-05-1996
			US	5906708 A	25-05-1999
			US	5961877 A	05-10-1999
US 2005067377	A1	31-03-2005	US	2006049399 A1	09-03-2006
			US	2006046488 A1	02-03-2006